DELLO STATO ATTUALE DELLA FABBRICAZIONE DEL FERRO IN TOSCANA, E DI...

Ubaldino Peruzzi

dabile contro le ferriere alimentate dal carbone di legna, che queste non possono oramai più sussistere se non vengono anch'esse condotte nelle vie d'un bene ordinato progresso

Nè la Toscana può rimanersi spettatrice indifferente dei miglioramenti che si sono infatti introdotti nella fabbricazione del ferro col combustibile vegetale; a questa industria mi sembra essere marilevnla della nostra più seria altenzionа, siccoma quella che ebba vita fra noi fino dall'epocha le più lontane, e che, sebbane a condizione assai precaria siasi oggi condotta, conserva pur tuttavia nn posto importantissimo fra le Toscane manifattura.

Favoriti dalla natura col dono del più pregevole fra tutti i minerali ferriferi, i nostri maggiori hanno costantemente rivolte la loro cura industriose alla metallurgia del ferro; ed i molti depositi di vecchie scorie, e le rovine di edificj metallurgici cha in assai gran numero si rinvengono, specialmente nelle nostre Maremma, non cha i nomi di molte località e le testimonianza dei più antichi scrittori, e dei documenti che si conservano negli Archivj delle nostre Repubblicha del Medio Evo, ci fanno certi che fino dalla più lontana antichità, dovette la Toscana occupare un rango distinlissimo fra i paesi produttori di questo utile metallo. Ed anche oggigiorno, sebbene rimasta da più secoli stazionaria in mezzo all'universale progresso, quest'industria conta in Toscana nn numero considerabile di stabilimenti che producono nn'ingente quantità di ferraccia e di ferro.

La miniera di Rio produce annualmente oltre 2000 Centi (1), ossiano 70 milioni libbra di Minera-

(1) Il *cento* di minerale a Rio = libbre 33,333 e un terzo. Si divide in 56 *pesi* di libbre 660 e due terzi

le (2), delle quali due terzi son consumate in Toscana, ed un terzo è venduto in altre parti d'Italia e delle sue Isole: la porzione di minerale importata sul continente Toscano vien trasformata in ferraccia nei cinque alti forni fusorj di Follonica e Cecina e della Pescia Vivarelli, i quali producono circa 23 milioni libbre di ferraccia, consumando 43 milioni libbre di minerale e 55 mila some di carbone di leccio e di cerro. Di questi 23 milioni di libbre ferraccia prodotti dagli alti forni fusorj della Maremma, circa 8, o 9 milioni sono venduti in altri Stati d'Italia; un poco men d'un milione è modellato in getti di prima o seconda fusione, e gli altri 12 o 13 milioni sono raffinati nelle diverse ferriere che in numero non minor di quaranta esistono nelle diverse parti della Toscana e del Ducato di Lucca; le quali producono circa 10 milioni di libbre di ferro all'anno, consumando 90 mila some di carbone di castagno e di faggio (3).

(2) Ecco il ragguaglio della produzione delle Ferriere sulle quali ho potuto portare le mie investigazioni

Provincia di Pistoia, 17 ferriere producono ...	libb	5,500,000
» di Pietrasanta, 5 ferriere	»	1,500,000
» della Maremma, 4 ferriere	»	500 000
» di Pescia, 3 ferriere	»	900,000
» della Lunigiana, 2 ferriere	»	300,000
» Gabbolano in Val di Bisenzio.. ...	»	300,000
» Tornicila in Val di Mersa	»	100,000
» Loro in Valdarno	»	300,000
	libb	9,400,000

alle quali bisogna aggiunger il prodotto delle ferriere del Sigr Vivarelli alla Pescia Romana, e delle nove ferriere del Ducato di Lucca

(3) Il valore dei diversi prodotti dell'industria del ferro in Toscana può calcolarsi nel modo seguente

1500 Cenli di minerale venduto al prezzo di grazia di £ 225 il cento.	£ 300,000	Minerale £ 500,000
800 Cenli minerale vendute al prezzo di £ 357 ¼ il cento ...	» 200,000	

Il lavoro manuale, che per la trasformazione del minerale in ferraccia ed in ferro malleabile è necessario, totalmente esercitato da'lavoranti Toscani, rappresenta un valore di circa 140 mila lire all'anno: e se a questa cifra si aggiunge il prezzo della mano d'opera di tutti coloro che all'estrazione del minerale, alla fabbricazione del carbone, ed ai trasporti della materie gregge e dei diversi prodotti, vengono da questa industria impiegati, si avrà una somma assai più considerabile, che questa lavorazione sparga annualmente fra le classi bisognose della Toscana.

Una siffatta industria che utilmente trasforma delle sostanze provenienti dal suolo Toscano, che procaccia i mezzi di sussistenza ad una parte considerabile della nostra popolazione, e produce una notevole quantità d'un metallo che va ogni giorno acquistando una nuova e sempre maggiore importanza, non può venir meno fra noi senza danno ed onta del nostro Paese. Eppure egli è forza il convenire, che l'aumento dei prezzi del combustibile vegetale, e la diminuzione di quelli dei prodotti che dai paesi posseditori di carbon fossile ci vengono importati, hanno condotto le nostre ferriere a tale stato ch'io credo vi sia ragione di temerne la totale rovina, qualora non si trovi una via di ricondurle all'antica loro prosperità.

Il rimedio che primo si presenta a ridonar la vita ad un'industria pericolante, è sempre l'aumento dei dazj che pesano sui prodotti provenienti da estranei paesi: ma, oltrechè questo ritorno al sistema protettore,

Riporto £	300,000
Libb. 23 milioni di ferraccia a £. 41 il migliajo	» 900,000
Libb. 10 milioni di ferro al prezzo medio di £. 17 il cento	» 1,700,000
Totale £	3,100,000

specialmente in un punto in cui i suoi più antichi lodatori o segnaci lo abbandonano, sarebbe un'onta per il paese nostro, che primo proclamò e praticò le dottrine del libero commercio; un tale provvedimento non produrrebbe altro effetto che quello di mantenere un'industria parassitica, che, rimanendosi neghittosa in una sicurezza ingannatrice, si svegliérebbe poi completamente e per sempre rovinata, quando i cresciuti prezzi dei combustibili ed il progressivo perfezionamento delle manifatture straniere avessero rese insufficienti anche queste nuove tariffe doganali. E d'altronde, un cotal rimedio ancorchè fosse riconosciuto capace di produrre utili resultati, non potrebbe esser con qualche apparenza di diritto invocato se non da un' industria che avesse già raggiunto quel più alto grado di perfezione che dalla teoria e dalla pratica poteva esserle additato: e tale non può dirsi certamente la condizione della nostra industria del ferro, alla quale moltissimo rimane ancora da fare, innanzi che sia giunta al livello dei migliori metodi che ad altre ferriere poste in situazioni consimili permisero di sostenere, senza l'aumento dei dazj doganali, la concorrenza dei ferri stranieri. La strada del progresso sembra dunque la sola che può esser additata all'industria Toscana del ferro; ed io mi chiamerei ben fortunato se a prepararle dei giorni migliori contribuir potesse pur anco questa Memoria, che è specialmente diretta a paragonare la nostra lavorazione colle altre più perfette che dalla metallurgia ci sono insegnate, ed a far conoscere le più importanti disposizioni che a meglio utilizzare il poter calorifico dei combustibili sono siate più generalmente e con maggior profitto adottate.

Egli è a tutti noto, siccome, dappoi che i cresciuti prezzi dei combustibili ed il bisogno di maggiori prodotti fecero quasi dappertutto abbandonare l'estrazione diretta del ferro dai suoi minerali, questa si fa per un

seguito di due diverse operazioni, in due ben distinti apparecchi metallurgici. il minerale fuso in un alto forno ove si trova in contatto col combustibile, esposto ad un'energica azione calorifica a riduttiva, vi è ridotto in un prodotto intermedio chiamato ghisa o ferraccia, che, a ragione della sua fusibilità, vien talvolta gettato in modelli o forme, e tal'altra condotto negli stabilimenti di raffinamento ove è trasformato in ferro malleabile.

La ferraccia, che tanto utilmente si presta a prendere quelle diverse forme che alle varie industrie possono abbisognare, è composta essenzialmente di ferro, carbonio e silicio, e sembra essere una mescolanza di carburo e siliciuro di ferro con del carbonio libero o grafite; ed a queste sostanze altre ne vanno unite, come solfo, fosforo, manganese, che, modificando le sue proprietà, rendono necessarie delle modificazioni nei metodi di raffinamento. La qualità d'una ferraccia deve determinare il metallurgista a destinarla alla formazione dei getti od alla produzione del ferro, secondochè all'uno od all'altro uso sembra più adattata; la ferraccia per getti di seconda fusione, che deve esser nuovamente fusa in dei forni nei quali possiam ricondurla a delle altissime temperature, deve, anzichè fondere facilmente, conservare lungamente, una volta fusa, quello stato di fluidità che permette alle sue molecole di riempire tutte le parti della forma prima di raffreddarsi, per modo che il getto acquisti quella struttura omogenea che è la più preziosa delle sue qualità: al contrario la ferraccia destinata al raffinamento, che dev'esser lavorata in dei fuochi aperti e capaci di produrre soltanto delle temperature assai limitate, dee fondere con maggior facilità, a prendere uno stato di mezza fusione o pastoso, che favorisce singolarmente l'azione dei diversi reagenti sulle sue molecole.

Molte analisi esattissime ed i lavori dei più distinti metallurgisti concordano nell' attribuire alla composizione chimica delle ferraccie quelle qualità che le rendono più adattate per getti o per ferriere; e sembra provato che una ferraccia fonde a delle temperature tanto più basse, e prende, fondendo, uno stato tanto meno liquido; vale a dire, ch' esso è tanto più adattato al raffinamento, quanto è maggiore la quantità che racchiude di carbonio combinato allo stato di carburo, e minore quello di carbonio libero e di silicuro di ferro. Molti metallurgisti si occuparono di questo importante soggetto, e pare che sieno concordi nell' affermare, dietro le loro esperienze, che le qualità che rendono più adattata una ferraccia per getti che per ferriere, sono in ragione diretta della più alta temperatura dell'alto forno che le produsse.

Infatti le ferraccie prodotte nei forni alimentati dal Coke, che ha un potere calorifico tanto più energico che il carbone di legna, non sono giammai impiegate nelle ferriere; ed una serie di esperienze, ripetute e concordi, fatte nelle principali fonderie di Europa, ha dimostrato con certezza che l' applicazione dell' aria calda negli alti forni alimentati dal carbone di legno, mentre produce con maggiore economia una ghisa ottima per getti, dà alle ferraccie destinate alle ferriere, quelle qualità che ne rendono più difficile il raffinamento (4). Io credo adunque che, anzichè produrre in uno stesso alto forno alternativamente delle ghise per getti e per ferriere, miglior consiglio sarebbe quello di destinare più specialmente alcuni forni alla fabbricazione dell' una e del-

(4) Anche l' ingegnere Sig. Angiolo Vegni nelle sue Osservazioni sulla fabbricazione del ferro, stampate in Siena nel 1842, costatò questo fatto, ed alcuni proprietarj Toscani di ferriere mi assicurarono aver verificato un peggioramento nelle qualità delle ferraccie dacchè nei nostri alti forni fu adottato l' uso dell' aria calda.

l'altra qualità di ferraccia: quando si volesse, in un forno, produrre della ghisa per getti, mi sembrerebbe da adottare l'uso dell'aria calda e di tutte quelle disposizioni che si credono atte ad aumentare la temperatura e formare delle ferraccie grigie; mentre nei forni destinati alla produzione della ghisa per ferriere, introducendo dell'aria fredda e praticando una conveniente combinazione di minerale e di fondenti, si cercherebbe di produrre ordinariamente, quando il minerale fosse puro, delle ferraccie lendenti al bianco.

Il raffinamento della ferraccia, ossia la sua trasformazione in ferro malleabile, si eseguisce in dei forni semplicissimi simili alle fucine, aperti da tre lati ed aventi una sola parete chiamata *Orale*, che è traversata dall'*Ugiello*, condotto conico di rame pel quale il vento giunge nel fuoco: il *Crogiuolo*, chiamato anche *Poffa*, nel quale si eseguiscono le diverse operazioni del raffinamento è una cavità prismatica praticata nel piano del fuoco; e le sue tre pareti, altre che l'*Orale* chiamansi, *Ripa* quella che sta di contro all'Ugiello, *Brasche* quella che è alla sua sinistra, e *Latterale* la quarta che è di ferro munito di fori per i quali colano le *Scorie* o *Latte* che si van formando durante la lavorazione.

Tre sono i principali periodi che si ravvisano generalmente nel raffinamento: durante il primo, chiamato *Colata*, la ghisa caricata un po' al disopra dell'Ugiello, ricoperta dal carbone che riempie tutto il crogiuolo, fonde a poco a poco per goccie o scagliette, le quali, nel cadere, passando dinanzi all'Ugiello, perdono alquanto del lor carbonio sotto l'influenza ossidante del vento, e vanno a riunirsi nel fondo ove formano una massa pastosa d'una natura intermedia fra la ferraccia ed il ferro: questa massa riunita alla fine della Colata, viene dal lavorante ricondotta al disopra dell'Ugiello, talvolta intiera, talvolta successivamente in più por-

zioni, ed ivi rimanendosi esposta all'azione simultanea del vento e del calore, talvolta ancora di scorie, spurghi ed altri prodotti farriferi che si aggiungono, completa la sua purificazione e ricade di nuovo nel fondo avendo perduto il carbonio che si è trasformato in ossido di carbonio ed acido carbonico, ed il silicio che, ossidato anch'esso, è passato nelle Scorie, trascinando seco una certa quantità di ferro che costituisce quel che si chiama il calo o perdita sulla farraccia. Finalmente questa massa rimasta nel fondo in uno stato non più pastoso ma solido, lavorata dal Maestro, che col suo arnese chiamato *Verzello* procura di riunirla e renderla più omogenea e compatta, è poi portata sotto il maglio, battuta, e divisa in *taglioli*; i quali, dopo un seguito di alternanti battiture e riscaldamenti fatti nel fuoco stesso durante la seguente operazione, vengon ridotti in verghe di diverse grandezza e forme. A seconda della natura o qualità della ferraccia e dell'interesse che si aveva a far portare una maggiore economia sul consumo di questa o del combustibile, e secondo le diverse qualità di ferro che si voleva produrre, questo metodo generale di raffinamento subì molti cambiamenti nei diversi paesi che lo adottarono; ma quello che più si avvicina a questa norme generali è il metodo usato nella Franca-Contea, chiamato perciò *metodo Comtese*, che consiste nel fonder la ghisa ricoperta di scorie, le quali fondendo prima di questa, le preparano un bagno che, preservandola dall'azione ossidante dell'aria, ritarda la sua coagulazione; acciò possa essere sollevata al disopra dell'Ugiello e completamente ripurgata prima di rapprendersi e formare il *massello*. Nelle ferriere Toscane si caricano sopra il carbone che fino al livello dall'Ugiallo riempie il crogiuolo, circa 800 libbre di ferraccia, che con un nuovo strato di carbone vengono ricoperte: dopo tre

ore, la ferraccia essendo completamente fusa e riunita nel fondo, finisce la *colata* e comincia il secondo periodo chiamato *cotticciata*: questo consiste nel riunire a poco a poco nel bagno varie piccole masse di ferraccia chiamate *cotti*, che, essendo semi-ripurgati, si vanno da sè stessi formando, e che, estratti un dopo l'altro dal fuoco, vengon depositati sul piano chiamato *fucinale*, accanto al crogiuolo.

La *cotticciata* dura circa tre ore, e la massa rimane divisa in 10 o 12 *cotti* di peso ineguale, generalmente dalle 50 alle 80 libbre; questi vengono poi, durante il terzo periodo, ricondotti un dopo l'altro nel fuoco, caricati al disopra dell'Ugiello, ricoperti di scorie e di carbone; ed ivi raffinandosi sotto l'influenza simultanea del vento e delli spurghi aggiunti, van formando il massello che è poi battuto, diviso, stirato sotto il maglio e riscaldato, tanto esso che i taglinoli e verghe che ne provengono, nel fuoco stesso durante la formazione del seguente massello. Questo metodo produce dell'ottimo ferro, essendochè la ferraccia esposta all'azione del vento, durante tutta la cotticciata, perde a poco a poco le porzioni le più raffinate a misura che da sè stesse si rapprendono, ed in presenza del vento stesso e delle scorie aggiunte, il cotticcio finisce di raffinarsi durante il terzo periodo, e vien ridotto in massello.

Questa lavorazione ci fu importata da Bergamo, e tuttora conserva i caratteri dai metodi usati in quell'industrioso paese; ma io credo che per noi fu sventura che la vicinanza di quella provincia spingesse i nostri maggiori ad imitarne la lavorazione; imperocchè le ferraccie che ivi son raffinate, bianche a grandi scaglie, e ricche in manganese, esigono imperiosamente quella complicata serie di operazioni per liberarle da questo metallo, che sol mediante un prolungato contatto colle scorie può, combinandosi colla silice e rimpiaz-

zando il ferro nei silicati, formar dei composti fusibili che permettano di separarlo dalla massa ferrosa.

Infatti questo metodo tutto speciale, ha traversato le Alpi, ed in moltissime ferriere della Carinzia, del Tirolo, della Savoja e del Delfinato, che raffinano ferraccie manganesifere, è stato da gran tempo introdotto: ma noi che possediamo un minerale così ricco e puro da poterne ricavare delle ferraccie purissime, e che si presterebbero alle più semplici vie di raffinamento (5), a che dobbiamo più a lungo conservare un metodo immaginato per un caso tutto speciale e che non è il nostro?

La tavola (6) comparativa dei prodotti e consumi e dei diversi dati concernenti le nostre ferriere e quelle delle provincie nelle quali la fabbricazione del ferro col carbone di legna è più considerabile, fa vedere che il nostro metodo ci pone per molte ragioni in condizioni assai svantaggiose: così noi operiamo sopra una quantità di ferraccia più grande che in qualunque altro metodo, e le operazioni della colata e cotticciata, essendo in conseguenza lunghissime, il calore dell' apparecchio metallurgico non è doppiamente utilizzato anche al riscaldamento dei maselli e tagliuoli; e la produzione giornaliera rimane naturalmente inferiore a quella degli altri metodi: indi è che il prezzo della mano d'opera è tanto considerabile; ed il combustibile, dovendo poi servire

(5) Su tal proposito mi aiuta qui riferire le parole d'un dotto geologo, che con tanto amore ha studiato le diverse parti del suolo Toscano. Il Prof. Savi, nella sua Memoria sulla miniera dell' Isola dell'Elba pag. 13: « L' Isola dell' Elba produce non una sola qualità « di minerale capace di dare il ferro, come qualche autore ha scritto, « ne produce molte e di varia bontà: e siccome quasi ognuna di que- « ste ha proprietà metallurgiche diverse, alcune essendo più facil- « mente riducibili, altre meno, alcune danno ferro dolce, altre ferro « crudo, devesi perciò tal particolarità riguardare come un altro « pregio di quell' Isola »

(6) V Tavola I in fondo alla presente memoria

a riscaldare quei cotticci, che, essendo già caldi al momento della loro estrazione dal fuoco, vi son poi ricondotti un dopo l'altro già raffreddati, è poco utilmente impiegato, e molto ne va perduto in quella serie di complicate manipolazioni del secondo e terzo periodo.

Il metodo di raffinamento più naturale, e che sembra dover essere adottato ogni volta che delle circostanze speciali non richiedano una lavorazione particolare, è il metodo Comlese(7); a questo lo crederei utilissimo d'introdurre fra noi, siccome quello che meglio utilizza il poter calorifico dei combustibili, e procurando una produzione tripla dell'attuale delle nostre ferriere, diminuirebbe di tanto il costo cotanto considerabile della mano d'opera, l'interesse del capitale, e le spese di amministrazione.

Senza occuparmi particolarmente di molte migliori pratiche (8) di lavorazione che produr potrebbero delle economie parziali sui consumi delle nostre ferriere, passerò piuttosto ad esporre brevemente alcuni miglioramenti più sostanziali che, adottati oramai in molte delle principali ferriere d'Europa, vi determinarono una notavolissima ed importante economia di combustibile.

(7) Mi è noto che alcuni anni addietro fu provato a Follonica il metodo Comlese; e se ne ebbe una piccola diminuzione nel calo della ferraccia ed un leggiero aumento nel consumo del combustibile. I lavoranti essendo nuovi di tal metodo, questi resultati non possono esser decisivi, e si vorrebbe perseverare per qualche tempo in una tal prova, finchè i lavoranti avessero acquistato una sufficiente pratica.

(8) Fra i miglioramenti parziali che potrebbero esser consigliati alle nostre ferriere, io noterò. 1.° La diminuzione nelle dimensioni del crogiuolo che tiene inutilmente troppo carbone. 2.° La sostituzione di pareti di ferro alle pareti di mattoni, che, rimanendo alterati e scheggiati, cadono a frammenti nel ferro e ne deteriorano la qualità. 3.° La diminuzione dell'internamento dell'Ugielio che lascia dietro di sè uno spazio di 12 soldi, nel quale non si sviluppa nessun'azione. 4.° L'adozione di due Ugielli, che dando al vento una forma di ventaglio ne rendono più esteso l'effetto. Infine sarebbe utile il coprire il fuoco durante la colata con del carbone in polvere bagnato, che concentrasse il calore ec

L'applicazione dell'aria calda ai fuochi di ferriera ha dato dei resultati costantemente favorevoli; ed i metallurgisti che hanno più particolarmente diretti i loro studj verso questa parte della scienza, concordemente ne consigliano l'uso che ha sempre prodotto una visibile diminuzione nel consumo del combustibile (9), ed una maggior facilità nel raffinar la ferraccie più grigie ed infusibili. Diverse regole vogliono peraltro essere osservate nell'applicazione dell'aria calda ai fuochi ordinarj di ferriera: così la quantità d'ossigeno contenuto in uno stesso volume d'aria calda essendo minore che se l'aria fosse fredda, le dimensioni dell'Ugiello devono esser aumentate, acciò possa in un dato tempo esser introdotto un maggior volume d'aria; l'Ugiello stesso non può esser altrimenti di rame, ma di ferro fuso a doppie pareti, acciò possa circolarvi l'acqua fredda che la mantenga ad un giusto grado di calore; nè l'aria può esser arbitrariamente portata a delle alte temperature, e l'esperienza ha dimostrato dover esser queste adattate alle qualità delle ferraccie e del combustibile, e non oltrepassare i 300 gradi: infine poichè il cresciuto calore tenderebbe a render soverchiamente rapida l'operazione ed a favorire la formazione del massello, innanzi che completamente sia ripurgato, farà di mestieri diminuire l'inclinazione dell'Ugiello, ed aumentare la profondità del fuoco, acciò il calore aumentato alla parte superiore e diminuito nel fondo, renda più rapida la fusione e più lungamente mantenga la massa ferrosa in quello stato di semi-fusione che è tanto favorevole al suo raffinamento.

I principali difetti che facilmente si ravvisano negli ordinarj fuochi di ferriera possono ridursi ai tre seguenti:

(9) Ecco alcuni resultati comparativi di fuochi di ferriera ad aria calda e fredda. Vedi la Tavola II in fondo a questa memoria.

1.° La dispersione del carbone che, uscendo spesso dal crogiuolo, brucia senza produrre verun effetto utile

2.° La perdita del calorico raggiante.

3.° La perdita dei gaz combustibili che escono dal cammino.

A questi tre inconvenienti prodotti dalla difettosa costruzione dei fuochi ordinarj di ferriera, si è cercato di portare un efficace rimedio, e la metallurgia è giunta a dei resultati talmente utili e sicuri, che i nuovi metodi già da gran tempo introdotti nelle ferriere della Francia e della Germania, ed in alcune della Lombardia e del Piemonte, e perfino dello Stato Pontificio, mi sembrano meritevoli di esser caldamente raccomandati all'industria Toscana.

Ad impedire la perdita del carbone che brucia inutilmente fuori del crogiuolo, e quella del calorico raggiante, egli era naturale che si avesse ricorso al provvedimento di coprire e chiudere il fuoco da tutti i lati, lasciando soltanto quella apertura che dalle diverse occorrenze della lavorazione sono rese indispensabili: infatti si va ogni giorno più estendendo l'uso di chiudere i fuochi di ferriera con lastre di ferro, lasciando le opportune aperture, e di ricoprirli con una volta, in mezzo alla quale si apre un cammino donde escono i gaz prodotti dalla combustione. Molti vantaggi si sono risentiti da questa importante modificazione dei fuochi di ferriera, la quale produsse ovunque un'economia del 20 a 25 per cento (10) sul consumo del combustibile: i soli inconvenienti che le sono stati rimproverati dapprima, furono il calor troppo intenso che, uscendo dall'apertura del latteroio, incomoda li lavoranti; e la caduta di carta scagliette di ferraccia e di carbone che,

(10) Resultati comparativi dei fuochi di ferriera coperti e scoperti. Vedi la Tavola III in fondo a questa memoria

attaccatesi alla volta, vengono a mescolarsi col ferro che rendono meno puro ed omogeneo; ma facilmente si è portato rimedio a questi due difetti, praticando alla parte superiore del lalterolo un'apertura cha a sè attira la fiamma, e nettando sovente la volta, acciò non possano rimanervi attaccata delle sostanze capaci di ricadere durante l'operazione nella massa ferrosa.

Io non istarò quì a ripelera i calcoli, del resto semplicissimi, coi quali è stato determinato il poter calorifero dei gaz combustibili che escono dal cammino dei fuochi di ferriera, e mi limiterò piuttosto a riferire i resultati dell'esperienze che i metallurgisti intrapresero a tal effetto, specialmente nei fuochi usati nal metodo Comtese

La quantità d'ossigeno contenuto nell'aria che a lanciata nel fuochi di ferriara, essendo insufficiente a produrre tutti gli effetti calorifici e riduttivi (11), che deve operare, altri gaz non possono formarsi che dei

(11) Riferirò qui i calcoli fatti da M. Ebelmen, Thivria ed altri che si sono occupati particolarmente di un tal soggetto. Un fuoco Comtese riceve $3,^{mq}$ 09 d'aria alla pressione di $0,^{m}$ 76 per minuto, e durante tutta l'operazione che dura 139 minuti ne riceve $417,^{mq}$ 15 Supponendo $1,^{k}24$ il peso d'un metro cubo d'aria a 15°, si avranno $517,^{k}$ il aria lanciata nel fuoco, che tengono 120^{k} d'ossigeno Un operazione produce 95^{k} di ferro, provenienti da 88^{k} di ferraccia che contengono $3,^{k}52$ carbonio e $4^{k}10$ di silicio Ora $3^{k}52$ carbonio esigono per esser convertiti in ossido di carbonio, $4,^{k}60$ d'ossigano, ed $1,^{k}10$ silicio prende $4,^{k}20$ ossigeno per diventar silice; dunque sopponendo queste trasformazioni fatte dall'ossigeno dell'aria, vi bisognano $9,^{k}80$ ossigeno, e ne rimangono $114,^{k}20$ — In ogni operazione riproducono $20,^{k}$ di scorie povere e ricche, e si caricano nel fuoco con $10,^{k}$ scorie ricche $119,^{k}$ di scorie povere che rimangono, contengono $15,60$ di ferro metallico a ragione di 60 per cento di protossido Ora $11,^{k}40$ ferro, per produrre del protossido, abbisognano di $2,^{k}58$ ossigeno Rimangono dunque per bruciare il carbone $111,^{k}62$ ossigeno Un fuoco Comtese coperto ad aria fredda consuma ordinariamente $0,^{mq}485 = 09,^{k}28$ di carbone, che tengono 88 per cento ossiano $80,^{k}48$ carbonio che esige per divenire ossido di carbonio $113,^{k}11$ d'ossigeno, e non ve n'è che $111,^{k}62$.

gaz combustibili, come ossidi di carbonio ed idrogeno-carburati.

Ora la leggi scoperte dal Dulong insegnandoci che un litro di vapore di carbonio trasformandosi in acido carbonico, sviluppa 7858 unità di calore; delle quali 1598 nel formare l'ossido di carbonio, e 6260 nel passaggio di questo allo stato d'acido carbonico, diverrà manifesto che un quinto soltanto del calore sviluppato dal carbone rimane utilizzato nel fuoco, mentre le 6260 altre unità di calore, son prodotte inutilmente nell'uscire che fa il gaz dall'apparecchio metallurgico. Tali resultati teorici condurrebbero a pensare che altissime temperature potessero venir prodotte col gaz perduti dei fuochi di ferriera; ma se vogliamo por mente alla grande quantità d'aria che vi entra attraverso le aperture rese necessarie dalla lavorazione anche nei fuochi chiusi e coperti, noi vedremo che in pratica questi dati vogliono esser notabilmente ridotti. Le più alte temperature che l'esperienza ha dimostrato potersi produrre coi gaz perduti dei fuochi di ferriera, sono dai 1200 ai 1300 gradi centigradi; ed il loro poter calorifico può corrispondere a quello di 85 libbre di carbon fossile di prima qualità all'ora. Sebbene cotanto al disotto delle speranze che la teoria sembrava doverci far concepire, questo poter calorifico dei gaz perduti dei fuochi di ferriera è pur considerabile, e servir potrebbe, a ragion d'esempio, a riscaldar la caldaja d'una macchina a vapore della forza di 8 cavalli; che se voglia paragonarsi al poter calorifico del carbone stesso che li produsse, si vedrà ch'essa ne rappresenta i $\frac{7}{10}$, mentre questo rapporto non è che di $\frac{55}{100}$ per i gaz perduti degli alti forni fusorj che furono già quasi dappertutto a qualche utile scopo applicati.

Dappoichè i fuochi di ferriera furono chiusi e coperti, ed i prodotti della combustione riuniti nel cammino, si pensò a trarre un util partito da una parte si consida-

rabile del poter calorifico del combustibile che andava per lo innanzi inutilmente dispersa nell'aria: ed i primi usi ai quali furono impiegati, furono estranei alla lavorazione del ferro, avendo servito dapprima alla fabbricazione della calcina, alla carbonizzazione della legna ec. Nelle ferriere le meglio dirette, essi son condotti in appositi apparecchi ove riscaldano l'aria che dev'esser introdotta nel fuoco, o portano la ghisa ad uno stato prossimo alla fusione innanzi che sia caricata, o finalmente servono al riscaldamento dei masselli e dei tagliuoli che sono stirati e battuti sotto il maglio: a sì e giunti omai a tale di perfezione nella costruzione di questi apparecchi metallurgici, che questi tre utilissimi effetti possono esser nel tempo stesso ottenuti nei fuochi di ferriera dei quali offrono un esatto modello le figure 6, 7, 8 (12).

Con tuttociò che ho finora esposto, io mi lusingo aver dimostrato che non poche prove rimangono ancora da fare alle nostre ferriere prima d'aver raggiunto quel grado di perfezionamento cui giunse quest'industria in altri paesi: ed il timore che si va sempre allegando fra noi, fondato sul caro prezzo delle materie prime, mi sembra riposare su basi non vere, poichè i dati che qui riferisco e ch'io tolsi da sorgenti sicure, addimostrano che il prezzo della ferraccia e del carbone non è più alto in Toscana che negli altri paesi ove esiste l'industria del ferro a carbone di legna (13). Che se il costo della mano d'opera per le libbre mille di ferro prodotto, apparisce esser più considerabile nelle nostre ferriere che nelle altre colle quali io le paragono, colpa è certamente del

(12) Nella ferriera di Laufen presso la cascata del Reno di Schaffusa, sono stati dapprima costruiti i fuochi perfezionati indicati nelle Fig. 6 7. 8, e se ne è ottenuto un'economia di combustibile di 77 per cento, e l'aumento di un terzo nel prodotto in ferro

(13) Ecco i prezzi dei carboni e delle ferraccie nei seguenti paesi. Vedi la Tavola IV in fine di questa memoria.

metodo, e della piccolissima produzione giornaliera; imperocchè il prezzo della giornata d'un lavorante è di gran lunga più basso fra noi che nel maggior numero delle provincie della Francia, ed in molte parti della Germania (14).

Il nostro ferro, sebbene di ottima qualità, è ridotto a servire unicamente ai bisogni del nostro paese; ed anzi noi siamo tributarj dell'estero per una notabile quantità di questo metallo, la cui importazione è andata di qualche anno crescendo con straordinaria progressione: e delle notizie che ho attinte a sicuro fonte, mi permettono di dimostrarvi con delle cifre esattissime, come nel quadriennio 1838-41 la media dell'annua importazione del ferro fu di libbre 611,828, e nel quadriennio 1842-45 essa giunse a libbre 2,530,606, talchè si ha per il secondo quadriennio un aumento nell'importazione di libbre 1,918,778, quasi 2 milioni libbre di ferro all'anno (15). Ciò addimostra che anche la Toscana prova

(14) In quasi tutte le ferriere, un fuoco è servito da quattro lavoranti, due sfuli, e da un locchino per il trasporto del carbone, che serve due fuochi nel tempo istesso. Qui riferisco il prezzo della mano d'opera per ciascun di essi per libb. 1000 di ferro predotto, ed il guadagno giornaliero di ciascuno, calcolato sul prodotto giornaliero d'un fuoco. Nelle Borgogna, Franca-contea e Sciampagna, ed in molti altri paesi, i lavoranti si dividono in due brigate, di ira cadauna, che lavorano 6, 8, o 12 ore l'una. (Vedi la Tavola V in fondo della presente Memoria.) Da questi prospetti si vede che, sebbena la mano d'opera sia tanto più costosa fra noi per le libb 1000 di ferro, il lavorante guadagna meno che altrove: ora, lasciando la giornata media a £ 1,03, ed ammettendo che, adottati i nuovi e più perfetti metodi da me indicati, si ottenesse da un nostro fuoco un prodotto giornaliero di libb. 1000 di ferro, la mano d'opera sarebbe ridotta a £ 3,60 per libb 1000 di ferro; si avrebbe dunque un'economia di £ 7,10 per libb 1000 di ferro; talchè vi sarebbe anche campo di aumentare anche il guadagno giornaliero dei lavoranti onde vincere la loro ripugnanza contro i nuovi metodi.

(15) Questi numeri si riferiscono ai ferri piani, quadri e tondi di varie grossezze, filo di ferro e verzelle da far chiodi, non comprendono la ferraccia nè il ferro destinato alle strade ferrate, che per

quel maggior bisogno di ferro che ovunque si fa sentire, e dev'essar un potente incoraggiamento per la nostra industria che fornir ci potrebbe di tutto quello che ci abbisogna, quando, migliorati i suoi sistemi di lavorazione, avesse raggiunto una produzione più considerabile, e potesse offrire al commercio i suoi prodotti a dei prezzi inferiori a quelli dei ferri stranieri.

Il prezzo dei ferri forestieri a Livorno (16) varia fra le lire 10 $\frac{1}{2}$ a le lire 14; quello dei ferri nostrali vi è di

speciali disposizioni è esente da ogni dazio. Ecco i dettagli dell'importazione, anno per anno, dal 1837 al 1845:

Dal 1.° Luglio	1837	al 30 Giugno	1838	£	860,389
»	1838	»	1839	»	392,313
»	1839	»	1840	»	818,328
»	1840	»	1841	»	979,202
»	1841	»	1842	»	1.352,705
»	1842	»	1843	»	2,479,454
»	1843	»	1844	»	2,919,866
»	1844	»	1845	»	3,370,399

(16) I prezzi dei ferri forestieri sul mercato di Livorno nell'Aprile 1846, furono i seguenti:

Ferro Inglese ordinario da $\frac{5}{8}$ o giù, tondo, quadro o piano	£	10 $\frac{1}{2}$ a 10 $\frac{1}{2}$	11 %
Detto fino tondo e quadro da $\frac{1}{2}$ polzale e $\frac{1}{4}$	»	13 $\frac{1}{2}$ a 14 —	»
Detto da chiodi	»	11 $\frac{1}{2}$ a 11 $\frac{3}{4}$	»
Ferro di Svezia da 2 polzate e più	»	11 $\frac{1}{2}$ a 12 —	»
Ferro di Toscana	»	13 — — —	»

I prezzi dei Ferri Toscani sui Mercati sono.

Ferro ordinario	£	17. 10. —	11 %
Modello	»	19. 18. 8	»
Vomerale	»	21. 16. 8	»

Ai prezzi dei ferri forestieri nell'interno vogliono esser aggiunte le spese di trasporto da Livorno, e i dazi doganali seguenti:

Ferri sodi, larghi da denari 4 a denari 10, e grossi dal Denari 3 a Denari 4	£	3. — —	11 %

lire 15; sulle altre piazze della Toscana, come Firenze e Pistoja, questo prezzo è pei ferri nostrali dalle lire 17 alle 21. Vediamo adesso se la economie che potrebbero ottenersi dai perfezionamenti che ho poco sopra proposti, sarebbero tali da sparirne quella diminuzione nei prezzi dei nostri ferri, che sola può farli preferire ai prodotti delle manifatture straniere.

Nei nostri sistemi di lavorazione le spese occorrenti per la produzione di libbre 1000 di ferro sono:

Mano d'opera	£	10
Carbone 8 some, al prezzo medio di lire 5 la soma	»	40
Ferraccia libbre 1270, al prezzo medio di lire 49 il mille	»	62
Totale	£	112

che fanno lire 11 di spese vive per 100 libbre di ferro.

L'interesse del capitale, le spese d'Amministrazione, il lacero degli attrezzi e macchine, il mantenimento degli edifizj, sembrano rappresentare, unite ai trasporti, un valore di lire 5 per le 100 libbre di ferro; e molte di queste rimarrebbero diminuite d'assai, quando coi nuovi metodi si ottenesse una produzione tripla dell'attuale.

Anzichè poter sperare un qualche abbassamento nei prezzi dei combustibili, agli è pur forza confessare che quasi tendono sempre a divenire ogni giorno più alti; ma quanto ai prezzi della ghisa, sebbene gli alti forni

Delli oltrepassanti delle misure	£	4. 10. –	%
Reggetta o piani fino a denari 3 ½	»	5. —. –	»
Delli al di sopra di della misura	»	4. 10. –	»
Quadrelli o ottangoli dai denari 4 a 5 ¾	»	5. —. –	»
Delli sopra della misura	»	4. 10. –	»
Tondelli di diametro dai denari 4 ½ a 6	»	5. — –	»
Delli di maggior diametro	»	4. 10. –	»

fusorj delle Maremme abbiano omai raggiunto un grado tale di perfezione da potervi introdurre pochi miglioramenti, pure mi sembra ch' essi potrebbero esser per due ragioni diminuiti. I forni delle Maremma non essendo in attività che per sei mesi ogni anno, egli è manifesto che l'interesse del capitale figura nel prezzo dei lor prodotti per un valore doppio di quello che rappresenterebbe se le fonderie non rimanesse per sì lungo tempo inoperosa ed infruttifera. Qualora poi anche all' isola dell' Elba fosse esteso il diritto di estrarre ovunque il minerale di ferro, ovvero se nell' escavazione delle miniere di Rio fossero introdotti dei sistemi di lavorazione e di trasporto migliori degli attuali, si otterrebbe agevolmente una notabilissima diminuzione nel prezzo del minerale, e quindi in quello della ghisa e del ferro.

Dai diversi prospetti che ho notati in varie parti della presente memoria, resulta che l' introduzione dell'aria calda nei fuochi di ferriere produsse un' economia di 10 per cento sul consumo del combustibile; i fuochi coperti ridussero questo consumo di altri 20 o 25 per cento; e quelli nei quali sono state prese le disposizioni indicate nelle fig. 6. 7. 8, per applicare nel tempo stesso in dei fuochi coperti l'aria calda, ed un apparecchio per riscaldar la ferriera ed i mantelli coi gaz perduti del fuoco stesso, quest' economia è stata portata fino al 70 per cento, e l' aumento della produzione in ferro è stato di un terzo.

Verificandosi ancora nelle nostre ferriere, in seguito di tali miglioramenti che non richiedono spese notabili (17), una diminuzione nel consumo del combusti-

(17) L' applicazione dell'aria calda, e le altre applicazioni sopra descritte, non richiedono nessun cambiamento nell' edifizio, attrezzi, macchine, ec. delle ferriere. Le costruzioni richieste dal fuoco coperto di Boudreville (Fig. 3, 4, 5), costarono franchi 500 pari a £ 640 circa, quelle del fuoco di Lanfen (Fig. 6, 7, 8), costarono franchi 900 pari a £ 1080 circa.

bile, ch' io voglio limitarmi a supporre del 50 per cento, per questo solo lato si otterrebbe una diminuzione di lire due sul prezzo d'ogni cento libbre di ferro; che, aggiunte alla diminuzione nel costo della mano d'opera e della spese generali, che sarebbero una conseguenza necessaria dell'aumento di produzione, mi sembrebbero dover rendere i prezzi dei nostri ferri inferiori od uguali a quelli dei ferri forestieri.

Tali furono le considerazioni che mi mossero a far conoscere quelle pratiche metallurgiche nelle quali la nostra industria del ferro potrebbe, a parer mio, rinvenire degli elementi d'una durevole e non illusoria prosperità, senza aver ricorso a nuove costruzioni, nè a nuovi e più forti capitali. In un'altra memoria io mi propongo di esaminare l'opportunità di introdurre in Toscana gli apparecchi più energici del forno a riverbero e dei cilindri, e l'uso del carbon fossile; che permettendo di produrre in brevissimo tempo un'immensa quantità di ferro adattato agli usi i più importanti dell'industria, divenir potrebbero una nuova sorgente di ricchezze per il nostro paese.

TAVOLA I

NOMI DEI PAESI	Produzione mensuale	CONSUMI PER LIB. 100 FERRO		Quantità di Ferro-cui caricata in una operazione	Prezzo della mano d'opera per libbre 100 ferro	Durata dell'operazione		DIMENSIONI DEL CROGIUOLO			PGIELLO		OSSERVAZIONI
		Ferraccia	Carbone					Lunghezza dall'Orale alla ripa	Larghezza	Altezza	Sua inclinazione	Sua interna inferiore	
	Libbre	Libbre	Some	Libbre	Lire	O.	M.	Braccia	Braccia	Braccia	Gradi	Braccia	
Toscana	60 000	4070	6 00	600	6 a 10	24	»	1 53	1 45	1 44	25	0 60	La soma di carbone in Toscana è generalmente di 24 staja, e pesa dalle libbre 260 alla 400, quando trattasi di carbone di castagno da ferriere. Il carbone di leccio e cerro da alti forni pesa libbre 300. Nel Pietrasantino la soma è di staja 40 e pesa libbre 450-200
Bergamo	46 000	4170	6 02	735	7 60	18	»	1 02	1 19	1 19	20	0 07	
Borgogna	58 000	1402	6 00	103	6 32	»	49	1 27	0 61	0 29	2 1/2	0 11	
Franca-Contea	58.400	4330	4 60	282	6 20	9	13	1 25	0 67	0 36	7 1/2	0 11	
Sciampagna	58 600	4080	6 75	203	7 27	6	18	1 20	0 93	0 31	6	0 15	
Stiria	51 744	4187	42 00	»	4 04	»	»	»	»	»	»	»	
Nivernese	24 090	1350	6 00	»	»	»	»	1 41	1 20	0 89	30	0 33	

TAVOLA II

		Fuoco coperto di Essarois in Borgogna		Fuoco coperto di Rochevilliers con due Ugielli, uno a aria fredda, uno ad aria calda		Dongo nel Bergamasco		Maria Zell in Stiria		Bonnal		Bourguignon	
		Aria fredda	Aria a 480°	Aria fredda	Aria a 260°	Aria fredda	Aria a 480°	Aria fredda	Aria calda	Aria fredda	Aria a 420°	Aria fredda	Aria a 406°
Produzione mensuale in ferro	£	58 400	64 700	58 400	64 345	46 000	46 000	51 744	58 000	52 580	60 400	58 400	58 400
Consumi per £ 4000 ferro prodotto	Ferraccia »	4400	4080	4400	4350	4170	4200	4187	4169	4350	4320	4075	4300
	Carbone Some	6 60	3 46	6 07	2 59	6 62	5 70	12 00	8 00	4 69	3 84	4 76	3 97
Differenza per 400	Nella produz. mensuale		+ 40		+ 0				+ 13		+ 14		
	Nel consumo in Ferraccia		— 14		— 0		+ 3				— 2		— 6
	Nel consumo in Carbone		— 14		— 40		—13 90		— 80		— 14		— 16

TAVOLA III

		DOMBROY		LOEVILLEY		MOLAY		MAREY	
		Scoperto	Coperto	Scoperto	Coperto	Scoperto	Coperto	Scoperto	Coperto
Consumi per libbre 4000 ferro malleabile prodotto	Ferraccia — *Libbre*	4330	4330	4390	4390	4380	4384	4357	4363
	Carbone — *Some*	5 75	4 54	4 66	3 43	4 24	3 22	4 13	3 14
Differenza nel consumo del combustibile		»	– 21 per %	»	– 26 per %	»	– 24 per %	»	– 23 per %

TAVOLA IV

	Toscana	Bergamasco	Borgogna	Franca-Contea	Sciampagna	Siria
Carbone – La Soma £	4 50 a 6 80	8 04	10 82	14 04	15 30	6 00
Ferraccia – Le Libbre 1000 £	49	98	65	79	68	62

TAVOLA V

	Per le Libbre 4000 di Ferro prodotto				Per una giornata			
	Toscana	Borgogna	Franca-Contea	Scampagna	Toscana £ 660	Borgogna £ 1930	Franca-Contea £ 1940	Scampagna £ 1960
Maestro	£ 2.80	£ 1.85	£ 1.88	£ 1.83	£ 1.85	£ 3 45	£ 3.65	£ 3 58
Sottomaestro	1.63	1.22	1 85	1 42	1.21	2 36	3.65	2 88
Lavorante	1 55	1 88	1 85	1 42	1 08	2 36	3 22	2 88
Detto	1.55	1.28	1.66	1.42	1.02	2 36	3 22	2 88
Puttello	1 85	0.88	0 45	0 44	0 83	0 72	0 87	0 80
Detto	1.25	0 38	0 43	0 41	0 83	0.72	0 87	0 80
Bruschino	0 87	0.27	0 38	0.34	0.44	0 54	0 66	0 80
	£ 10 50	£ 6 53	£ 8 84	£ 7 22	£ 7 80	£ 12 21	£ 16 44	£ 14.42
Prezzo medio della giornata d'un Lavorante					£ 1 03	£ 1 74	£ 2 30	£ 2.06

Spiegazione delle Figure

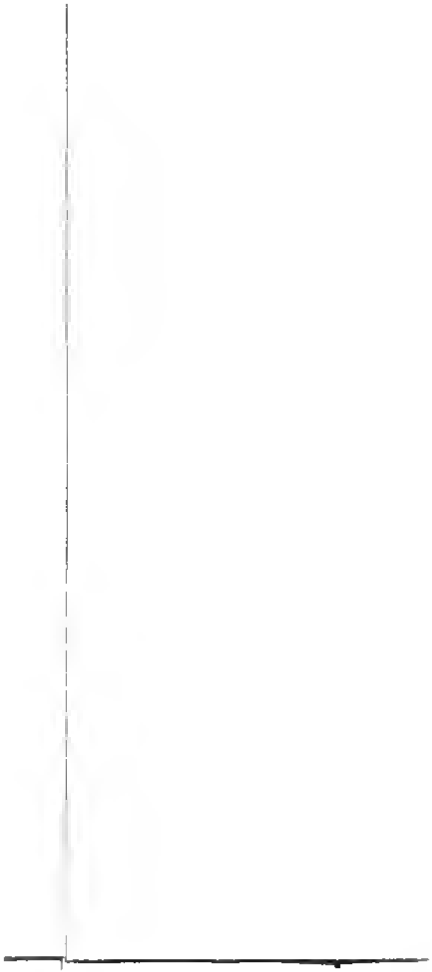
Fuoco di ferriera Toscana.

Fig. 1. *Piano orizzontale.*
2. *Spaccato verticale sulla Linea* A. B.

Fuoco ordinario di ferriera coperto di Boudreville (Francia Côte d'Or)

Fig. 3. *Piano orizzontale.*
4. *Spaccato verticale sulla Linea* A. B.
5. *Spaccato verticale sulla Linea* C. D

Fuoco di ferriera con forno a reverbero per riscaldare la Ferraccia ed i masselli, ed apparecchio di riscaldamento dell'aria, utilizzando le fiamme perdute.

Fig 6. *Spaccato verticale.*
7. *Piano orizzontale.*
8. *Elevazione verticale sulla facciata anteriore del forno.*

-7 80